

# KAJIAN POTENSI AIR TANAH DENGAN METODE GEOLISTRIK SEBAGAI ANTISIPASI KELANGKAAN AIR BERSIH WILAYAH PERKOTAAN

Pujo Priyono<sup>1)</sup>, Nanang Saiful Rizal<sup>2)</sup>

## *Abstract*

The increase of population, housing facilities and infrastructure in the District Summersari Jember in 2012 is significant. This causes groundwater to rise sharply eksploitasi of 200 liters / second to 800 liters / sec. The long term goal of this research was to determine the potential magnitude of groundwater in order to obtain the maximum threshold of groundwater exploitation. The specific target of this research is to obtain the distribution or flow of groundwater in the urban zone. Prediction methods groundwater potential geoelectric subsequently performed using analysis tools for the interpretation of the hydrogeological conditions Ip2Win computing based programs.

Stages activity is the collection of maps of urban hydrogeology study , daily rainfall data collection stations at least 3 rain, field investigations by means of geoelectric Schlumberger configuration in 4 areas stretching east - west and north - south, the analysis of data in the laboratory with computational software Ip2Win, calculation of availability of groundwater, water balance calculation. The result showed that the maximum limit on the amount of groundwater eksploitasi that groundwater sustainability awake and anticipating water shortages or drought is approximately 2494.125 liters / sec, assuming groundwater making 5 liters / sec in the groundwater wells that may be performed in the District Summersari District Jember is a maximum of 500 groundwater wells.

Keywords : groundwater, districts, Summersari, geoelectric

## **PENDAHULUAN**

Eksplorasi airtanah di Kawasan Kecamatan Summersari Kabupaten Jember meningkat cukup tajam dari 200 liter/detik pada tahun 2002 menjadi 800 liter/detik pada tahun 2012 (Sumber : Dinas ESDM Kabupaten Jember tahun 2012). Eksplorasi dilakukan melalui pemboran airtanah di beberapa titik baik oleh perorangan, instansi swasta maupun pemerintah. Akibatnya kecenderungan saat ini terjadi penurunan debit air dan penurunan muka airtanah pada beberapa titik pengeboran salah satunya di sumur milik PDAM Kabupaten Jember dari debit pengambilan 30 liter/detik menjadi 25 liter/detik sementara muka air mengalami penurunan 1,00 meter pada tahun 2011 (Sumber : PDAM Kabupaten Jember tahun 2011).

Demikian pula pertumbuhan penduduk juga semakin di Kawasan Kecamatan Summersari Kabupaten Jember meningkat cukup drastis, hal ini dapat dilihat dari semakin banyaknya pembangunan perumahan-perumahan baru dan fasilitas-fasilitas pendidikan serta areal industri. Pada tahun 2000 kepadatan penduduk di Kecamatan Summersari adalah 2.990,15 Jiwa/Km<sup>2</sup> sedangkan pada tahun 2011 adalah 3.400,30 Jiwa/Km<sup>2</sup> (Sumber BPS Kabupaten Jember tahun 2012). Adapun jumlah kawasan perumahan meningkat dari 8 kawasan perumahan pada tahun 2000 menjadi 35 kawasan perumahan pada tahun 2011 (Sumber Dinas Cipta Karya Kabupaten Jember) sementara jumlah sarana pendidikan meningkat dari 20 Lembaga pendidikan pada tahun 2002 menjadi 102 lembaga pendidikan pada tahun 2012. Berdasarkan uraian diatas, maka akibatnya eksploitasi airtanah pasti bertambah padahal pembangunan pemukiman dan lainnya berakibat menurunnya resapan airtanah sehingga jika tidak dilakukan pembatasan pemakaian airtanah akan berdampak pada defisit ketersediaan airtanah yang jangka panjangnya berakibat terjadinya Bencana Kekeringan atau Kelangkaan Air.

Dalam melakukan eksploitasi airtanah di Kawasan Summersari Kabupaten Jember seharusnya terlebih dahulu diidentifikasi Potensi Aliran Airtanah sehingga antara eksploitasi atau pengambilan sama dengan *recharge* atau pengisian. Keseimbangan tersebut (neraca air)

dapat menyebabkan kelestarian cadangan air bawah tanah dapat dipertahankan dan dampak bencana kekeringan dapat diatasi (M.Bisri, 2003).

Upaya pendugaan potensi airtanah harus didukung oleh diantaranya adalah ketersediaan data potensi akuifer sebagai media penyimpan air di bawah permukaan bumi. Namun hingga sementara ini, potensi ketersediaan airtanah yang tersimpan pada akuifer di bawah permukaan bumi di Kabupaten Jember belum diketahui dengan baik, karena penyebaran dan posisi serta dimensi akuifer serta hubungan (koneksitas) antar akuifer belum diketahui dengan baik. Metode geolistrik ini telah terbukti keandalannya dalam penentuan lapisan pembawa air tanah (akuifer) di bawah permukaan bumi.

Survei geolistrik dapat digunakan untuk menentukan secara tidak langsung keberadaan dan posisi serta dimensi material geologi di bawah permukaan, misalnya: kedalaman material permukaan, kedalaman muka air tanah, lokasi patahan, ketebalan dan evaluasi endapan kerikil atau lapisan lempung (Jhon M. Reynolds, 2003). Metode geolistrik diyakini merupakan metode yang terbaik dalam usaha penyelidikan hidrogeologi bawah permukaan. Prinsip metode geolistrik yaitu masing-masing material geologi mempunyai tahanan jenis kelistrikan yang berbeda-beda. Tahanan jenis material geologi dipengaruhi oleh kemampuan batuan menyimpan air, kandungan air tanah, porositas dan kualitas air serta jenis material itu sendiri.

Selanjutnya dari hasil pendugaan potensi airtanah dapat dihitung neraca air, sehingga dapat ditentukan batas maksimum debit pengambilan airtanah sehingga kelestarian air tanah dapat dipertahankan dan terhindar dari bencana kelangkaan air. Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

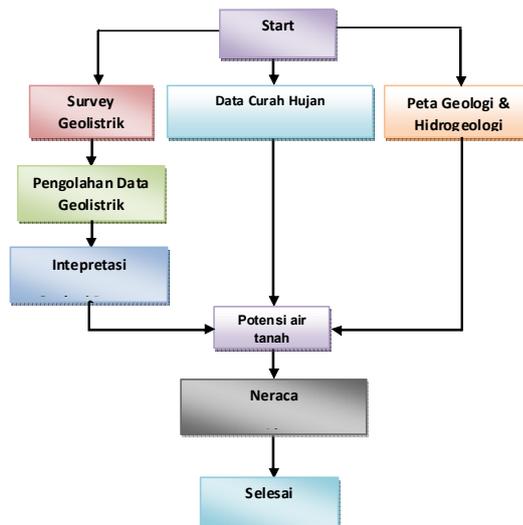
- a. Mengetahui sebaran atau zona kondisi airtanah kawasan padat penduduk di Kecamatan Sumpalsari Kabupaten Jember.
- b. Mengetahui potensi ketersediaan airtanah kawasan padat penduduk di Kecamatan Sumpalsari Kabupaten Jember.
- c. Melakukan identifikasi dan kajian tentang total penggunaan atau eksploitasi airtanah kawasan padat penduduk di Kecamatan Sumpalsari Kabupaten Jember.
- d. Mengetahui neraca air dan batasan maksimum eksploitasi airtanah sehingga kelestarian airtanah terjaga dan mengantisipasi kekurangan atau kekeringan air.
- e. Sebagai acuan dasar dalam kegiatan pemanfaatan ruang atau penyusunan tata ruang di Kecamatan Sumpalsari Kabupaten Jember.
- f. Sebagai arahan dalam melakukan kegiatan konservasi lahan dan hutan serta pelestarian airtanah di Daerah Aliran Sungai (DAS) yang ada di Kabupaten Jember.

Hipotesis dalam penelitian ini bahwa Peningkatan jumlah penduduk, sarana dan prasarana perumahan di Kecamatan Sumpalsari Kabupaten Jember pada tahun 2012 cukup signifikan. Hal ini menyebabkan eksploitasi airtanah meningkat tajam dari 200 liter/detik menjadi 800 liter/detik.

## **METODOLOGI PENELITIAN**

### **1. Tahapan Penelitian**

- a. Survey geolistrik pada beberapa titik pengamatan dengan metode slumberger
- b. Pengumpulan data hujan harian selama 10 tahun terakhir dihitung mulai tahun 2003 sampai 2012
- c. Pengumpulan peta-peta hidrogeologi dan geologi wilayah studi.
- d. Pengolahan data-data geolistrik dari beberapa titik survey pengamatan
- e. Interpretasi hasil penyelidikan geolistrik dengan bantuan software ip2win.
- f. Kajian potensi aliran air tanah menggunakan persamaan darcy.



Gambar 1. Flow chart penelitian

Dalam investigasi ini, akan dikumpulkan data-data primer maupun data-data sekunder. Untuk data sekunder meliputi peta wilayah studi, peta geologi dan peta hidrogeologi serta data curah hujan. Adapun data-data primer diperoleh dengan metode pengukuran geolistrik dengan metode *Vertical Electrical Sounding – VES* menggunakan konfigurasi *Schlumberger*. Metode ini digunakan untuk menentukan nilai perubahan tahanan jenis untuk tiap-tiap lapisan pada suatu titik pengukuran. Sedangkan pengukuran yang dilakukan adalah dengan cara memasang 4 buah elektroda (2 elektroda arus dan 2 elektroda potensial) yang diletakkan sejajar dalam suatu garis lurus. dengan lebar jarak/spasi tertentu. Pada pengambilan data dengan metode *VES* konfigurasi *Schlumberger* ini, peralatan yang digunakan adalah *Resistivity-meter* merek *Campus Tigre*, 4 rol kabel dengan panjang masing-masing sekitar 600 meter, elektroda arus dan elektroda potensial masing-masing 2 buah.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

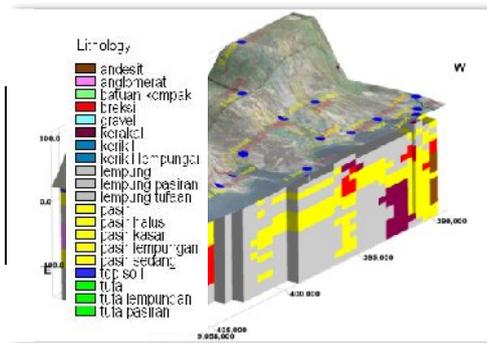
Lokasi penelitian secara geografis terletak pada koordinat  $6^{\circ}27'9''$  -  $7^{\circ}17'30''$  Bujur Timur dan  $7^{\circ}59'6''$  -  $8^{\circ}33'56''$  Lintang Selatan, sedangkan secara administrasi terletak di Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember yang berbatasan dengan beberapa kecamatan yaitu : Sebelah timur : Kecamatan Pakusari, Sebelah barat : Kecamatan Kaliwates, sebelah utara: Kecamatan Arjasa, Sebelah selatan : Kecamatan Ajung.

Pengambilan data penelitian dilakukan di kawasan bebas dan jauh dari pemukiman padat penduduk namun kawasannya masih dalam bagian perkotaan dan secara administrasi terletak di Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember. Untuk pendugaan airtanah digunakan alat Geolistrik dengan pengolahan data menggunakan software Ip2Win.

Dalam pendugaan menggunakan alat geolistrik ditetapkan pendugaan pada 1 titik dengan interval jarak pengambilan data pada jarak 25 m, 50 m, 100 m, 200 m dan 500 m.

Data yang diperoleh dilakukan koreksi geometri lapangan sesuai dengan jarak/spasi lintasan. Dan dilakukan pengolahan data menggunakan Komputasi *Software Ipi2WIN – Resistivity Sounding Interpretation* dari Moscow State University. Hasil pengolahan data yang didapatkan berupa nilai tahanan jenis (resistivitas) untuk tiap-tiap lapisan pada kedalaman tertentu. Data lapangan yang didapat dari proses akuisisi dijadikan sebagai masukan pada *software* pengolah geolistrik. Citra warna yang menggambarkan distribusi tahanan jenis memberikan informasi tentang kandungan yang terdapat dalam struktur bawah permukaan tersebut.

Dari hasil pengolahan data menggunakan software IP2WIN dapat digambarkan persebaran litologi maupun akuifer air tanah menggunakan software Rock Work 2006 dari Rock Ware Incorporated selain itu juga dengan menggunakan software ini bisa mendapatkan volume lapisan akuifer, sehingga akan dapat diperkirakan seberapa banyak kandungan air.



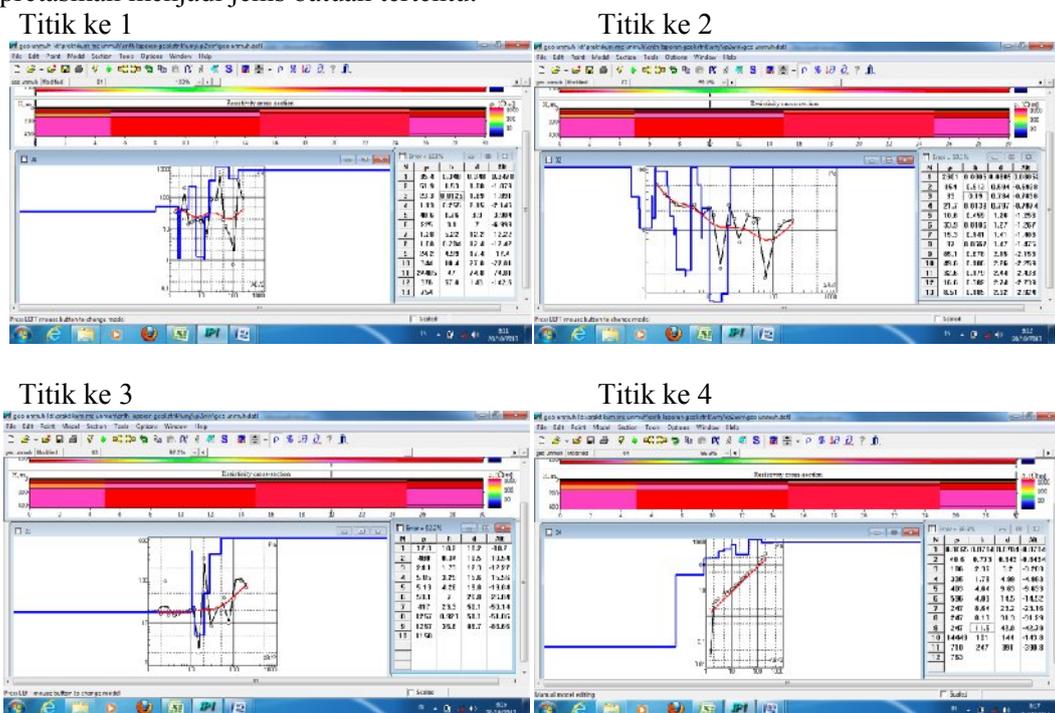
Gambar 2. Model interpretasi batuan 3D dengan ip2Win

Setelah diperoleh sebaran lithologi batuan kemudian ditentukan besaran potensi aliran air tanah. Selanjutnya dilakukan perhitungan neraca air dengan membandingkan besaran potensi debit airtanah dengan jumlah eksploitasi kebutuhan airtanah. Selisih besaran airtanah merupakan ambang batas cadangan besaran airtanah yang dapat diambil.

Berdasarkan nilai tahanan Atau hambatan batuan di daerah pengukuran, dapat dicari besarnya nilai tahanan jenis semu di titik pengukuran pada kedalaman tertentu (sesuai yang telah dijelaskan pada bab tinjauan pustaka). Dari nilai tahanan jenis semu yang telah didapatkan diolah dengan Software IPi2Win untuk mendapatkan nilai tahanan jenis pada tiap lapisan di kedalaman tertentu.

Hasil pengolahan data titik pengukuran G1 menggunakan software IPi2Win dapat dilihat pada gambar 3. Pada gambar ini menunjukkan nilai tiap lapisan pada tiap lapisan tanah di kedalaman tertentu. pada grafik ditunjukkan 3 warna yaitu hitam yang merupakan data hasil pengukuran dilapangan, merah merupakan data sintetik hasil dari pengolahan, dan biru merupakan lapisan pada masing-masing kedalaman. Jika warna biru ini juga di tunjukkan dengan angka yang berada di pojok kanan gambar, angka-angka tersebut menunjukkan :  $\rho$  (tahanan jenis di tiap lapisan), h (ketebalan lapisan ditiap titik), dan d (Kedalaman lapisan ditiap titik).

Nilai-nilai resistivitas atau tahanan jenis dari tiap lapisan yang didapatkan ini nantinya akan diinterpretasikan menjadi jenis batuan tertentu.



Gambar 3. hasil pengolahan data titik pengukuran G1, G2, G3, G4

## Interpretasi Data Geolistrik

Setiap batuan memiliki karakteristik nilai resistivitas tersendiri, jadi batuan yang satu dengan yang lain akan memiliki nilai resistivitas yang berbeda. Dengan berbedanya nilai resistivitas dari setiap batuan ini dapat dijadikan acuan untuk menentukan jenis batuan tertentu dengan nilai resistivitas yang tertentu pula. Pengolahan data menggunakan Software IPi2Win menghasilkan nilai resistivitas batuan (lapisan tanah) pada kedalaman tertentu, dengan adanya nilai resistivitas dapat ditentukan batuan apa yang ada pada satu titik pengukuran.

Dengan terdifikasinya batuan dititik tersebut akan dapat ditentukan letak akuifer air bawah tanah di satu titik. Akuifer air bawah tanah akan terjadi jika ada lapisan tanah yang memiliki permeabilitas tinggi diatas atau diantara lapisan kedap air. Lapisan tanah yang kedap air contohnya adalah batuan lempung dan lapisan yang dapat dialiri air (memiliki permeabilitas tinggi) adalah batuan pasir.

Hasil dari interpretasi setiap titik pengukuran G1, G2, G3, G4 dapat dilihat pada Lampiran. Pada tabel 1. disajikan hasil interpretasi data berdasarkan error atau tingkat kesalahan paling kecil yakni dititik G2 dengan nilai error sebesar 59,1%.

Tabel 1. Hasil interpretasi nilai tahanan jenis di titik pengukuran G2

N	p	li	d	All
13	8.51	0.185	2.92	-2.924
14	10.7	0.105	3.03	-3.03
15	2.33	1.16	4.19	-4.186
16	1.88	0.0078	4.19	-4.194
17	2.24	0.996	5.19	-5.19
18	127	1.33	6.52	-6.519
19	52.4	0.028	6.55	-6.547
20	51.5	0.906	7.45	-7.453
21	7.18	0.0897	7.54	-7.542
22	22.1	2.44	9.98	-9.979
23	0.374	1.92	11.9	-11.9
24	0.715	3.58	15.5	-15.48
25	0.956	4	19.5	-19.48

N	p	h	d	All
18	127	1.33	6.52	-6.519
19	52.4	0.028	6.55	-6.547
20	51.5	0.906	7.45	-7.453
21	7.18	0.0897	7.54	-7.542
22	22.1	2.44	9.98	-9.979
23	0.374	1.92	11.9	-11.9
24	0.715	3.58	15.5	-15.48
25	0.956	4	19.5	-19.48
26	11.9	2.16	21.6	-21.64
27	887	20.3	41.9	-41.94
28	2313	27.2	69.1	-69.14
29	545	73.5	143	-142.6
30	1227			

Tabel 2. Hasil interpretasi jenis lapisan batuan pengukuran G2

resistivitas	Kedalaman		ketebalan	Keterangan
	atas	Bawah		
< 10	0	5.19	5.91	top soil
50 - 127	5.19	7.45	2.26	Akuifer bebas
7.18	7.45	7.54	0.09	Lempung pasiran
22.1	7.54	9.98	2.44	Akuifer bebas
0.3 - 0.9	9.98	19.5	9.52	Lempung
11.9	19.5	21.6	18.6	Tanah lanau pasiran
887	21.6	41.9	29.7	Pasir butir sedang
2313	41.9	69.1	27.2	Batuan dasar
545	69.1	143	73.9	Akuifer tertekan
1227	143	180	37	Batuan dasar

## Potensi Hidrogeologi Kawasan

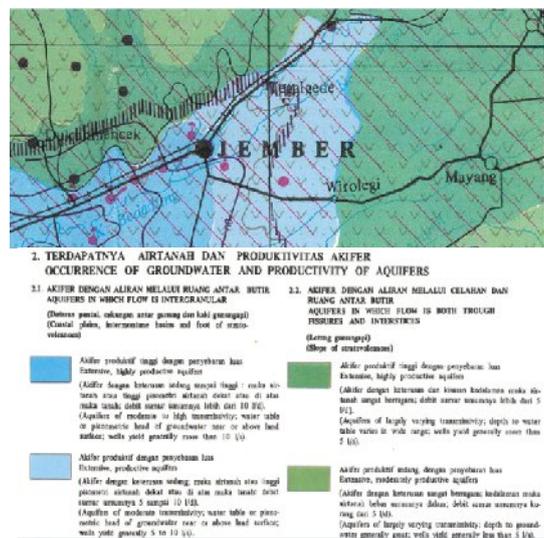
Kawasan perkotaan di Kabupaten Jember merupakan daerah yang cukup banyak pemukiman, sarana pendidikan dan pembelanjaan, jumlah penduduk di Kabupaten Jember ini juga cukup besar. Dengan besarnya jumlah penduduk juga adanya penambahan jumlah tersebut tentunya kebutuhan akan air bersih sendiri juga akan besar dan akan bertambah besar. Dari keterangan yang telah didapatkan dari Pemerintah Kabupaten Jember, Kecamatan Summersari dan Kecamatan Kaliwates merupakan daerah yang kurang akan air baku. Oleh karena itu perlu disediakan data tentang akuifer air bawah tanah yang nantinya dapat digunakan sebagai acuan tentang potensi airtanah dan rekomendasi jika akan dilakukan pengeboran.

Dari proses penelitian di kawasan Kecamatan Summersari Kabupaten Jember Investigasi Potensi Airtanah untuk Menunjang Pengembangan kawasan Kabupaten Jember yang telah dilakukan, mulai dari persiapan, pengambilan data di lapangan, dan pengolahan data yang telah dilakukan telah didapatkan gambaran bawah permukaan pada setiap titik di Kecamatan Summersari. Dari setiap gambaran litologi bawah permukaan yang telah diperoleh dapat digabungkan menjadi gambaran litologi bawah permukaan

Kecamatan Summersari secara dua dimensi. Sesuai yang telah dijelaskan pada bab metodologi, penggambaran tiga dimensi didapatkan dengan cara memasukkan data litologi di tiap titik, koordinat, dan elevasi dari titik tersebut. Hasil penggambaran dua dimensi ini dapat dilihat pada gambar 3.

Kondisi hidrogeologi di Kecamatan Summersari mayoritas merupakan lapisan lempung yang kedap air seharusnya daerah ini adalah daerah yang kaya akan air, namun lapisan pembawa air di daerah ini tidak merata atau terkotak-kotak di satu daerah (yang berfungsi sebagai lapisan pembawa air adalah pasir). Sehingga pembahasan akuifer akan dibahas pada tiap titik di masing-masing Kecamatan. Gambaran kondisi hidrogeologi Kecamatan Summersari Kabupaten Jember disajikan dalam gambar 4.

Berdasarkan korelasi antara data hasil pengukuran dan data sekunder yang diperoleh, didapatkan bahwa lapisan pembawa air (akuifer) dengan produksi air sedang dikarenakan permeabilitas atau sambungan antar pori pada lapisan pasir di Kecamatan Summersari sangat berbeda kualitasnya antara titik satu dengan yang lain. Pada kawasan kecamatan Summersari beberapa wilayah merupakan kawasan peralihan dari akuifer dengan produksi tinggi sampai dengan akuifer dengan produksi rendah. Berdasarkan peta hidrogeologi diperkirakan produksi air berkisar diantara 5 liter/detik sampai dengan 10 liter/detik.



Gambar 4. Potensi hidrogeologi Kecamatan Summersari

### Lapisan Pembawa Air

Untuk menguraikan kondisi lapisan pembawa air atau akuifer diperlukan peninjauan kembali bagaimana dan dimana air tanah tersebut berada, distribusinya di bawah permukaan tanah dalam arah vertikal dan horizontal harus dimasukkan dalam pertimbangan.

Zona geologi yang sangat mempengaruhi air tanah, dan strukturnya dalam arti kemampuannya untuk menyimpan dan menghasilkan air harus diidentifikasi. Dengan anggapan bahwa kondisi hidrologi menyediakan air kepada zona bawah tanah, maka lapisan-lapisan bawah tanah akan melakukan distribusi dan mempengaruhi gerakan air tanah, sehingga peranan geologi terhadap hidrologi air tanah tidak dapat diabaikan (Soemarto, 2003).

Berdasarkan hasil pendugaan geolistrik dan interpretasi lapangan diperoleh hasil bahwa terdapat lapisan akuifer yang disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Ketebalan lapisan pembawa air

No.	Kedalaman		ketebalan	Keterangan
	atas	Bawah		
1	5.19	7.45	2.26	Akuifer bebas
2	7.54	9.98	2.44	Akuifer bebas
3	69.1	143	73.9	Akuifer tertekan

### Potensi laju aliran tanah

Besaran potensi laju airtanah dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Bisri, 2003) :

$$PA = k \cdot D \cdot L$$

Dengan :

- PA = Potensi laju aliran airtanah (liter/detik)
- k = koefisien permeabilitas tanah (m/detik)
- D = tebal lapisan akuifer (m)
- L = panjang lapisan akuifer (m)

Potensi laju aliran airtanah dihitung berdasarkan hasil uji geolistrik yang dikontrol oleh peta hidrogeologi kawasan.

$$\begin{aligned} PA &= k \cdot D \cdot L \\ &= 1.35 \cdot 10^{-3} \times 73.9 \times 25000 \\ &= 2.494,125 \text{ liter/detik.} \end{aligned}$$

### KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil penelitian ini adalah :

- a. Sebaran atau zona kondisi airtanah serta potensinya di kawasan perkotaan di Kecamatan Summersari Kabupaten Jember adalah zone peralihan dari aquifer produksi tinggi menuju aquifer dengan produksi rendah, dengan kemampuan produksi sumur maksimal 10 liter/detik dan minimal 5 liter/detik.
- b. Batasan maksimum jumlah eksplotasi airtanah dalam sehingga kelestarian airtanah terjaga dan mengantisipasi kekurangan atau kekeringan air adalah sekitar 2.494,125 liter/detik, dengan asumsi pengambilan airtanah 5 liter/detik maka pembuatan sumur airtanah dalam yang boleh dilakukan di Kecamatan Summersari Kabupaten Jember maksimal adalah 500 sumur airtanah.
- c. Pola pemanfaatan ruang atau penyusunan tata ruang di Kecamatan Summersari Kabupaten Jember yang terkait dengan eksplotasi airtanah harus mempertimbangkan zona-zona yang produksi airtanahnya tinggi dan rendah.
- d. Agar kelestarian airtanah terjaga maka pola pemanfaatan airtanah yang diusulkan adalah sebagai berikut :
  - Sektor pendidikan dan industri diberikan ijin pengambilan airtanah tanah maksimal 500 sumur airtanah, dan jika lebih tidak diberikan ijin lagi untuk pengambilan airtanah.
  - Sektor pemukiman hanya diberi ijin pengambilan airtanah dangkal dan dari perusahaan daerah air minum saja.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, *Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal)*, Bogor , 2004
- Anonim, *Studi Penelitian dan Penyiapan Tata Ruang Wilayah GKS Plus*, Laporan Pendahuluan, 2007
- Bisri M., 2003, *Aliran Airtanah*, UPT Unibraw : Malang
- Jhon M. Reynolds, 2003, *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, Jhon Wiley & Sons.
- Kodoatie R.J, 2003, *Pengantar Hidrogeologi*, Penerbit Andi : Yogyakarta.

Koefoed, O, 2005, *Geosounding Principles, Resistivity Sounding Measurement*, Elsevier, Amsterdam.

Sharma, P.V, 2003, *Environmental and Engineering Geophysics*, Cambridge University Press. Cambridge.

Sihwanto, 2006, *Evaluasi Potensi Air Tanah Daerah Maumere, Sikka, Flores, Nusa Tenggara Timur*, Departemen Pertambangan dan Energi, Bandung.

Telford W.M, 2005, *Applied Geophysics Second Edition*, Cambridge University Press.

Anonim, 2007, *Desain Embun dan Kolam Penampung Air*. DPU.

<sup>1</sup> Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember (Nanang Saiful Rizal)

Email : pujo\_priyono@yahoo.co.id

<sup>2</sup> Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember (Kuswardani)

Email : rizal.nanang@yahoo.co.id